

*Über die Muskulatur der Atrioventricularklappen des
Menschenherzens.*

Von Dr. Carl Gussenbauer.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Seitdem Kürschner (1840 Wagner's Handwörterbuch der Physiol. II. B.) angab, daß nicht nur in den Atrioventricularklappen vieler Säugethiere, sondern auch in denen des Menschen quergestreifte Muskelfasern vorkommen, sind vielfach histologische Untersuchungen der Atrioventricularklappen in der Literatur verzeichnet.

Während manche Autoren das Vorkommen von Muskelfasern in den erwähnten Klappen des Menschen gänzlich in Abrede stellten, und Kürschner's Angaben auf die Säugethiere beschränken wollten (wie Reid), so erklärten Andere das Vorkommen quergestreifter Muskelfasern in den Atrioventricularklappen des Menschen für inconstant. (Baumgarten, Müller's Archiv 1843).

Nega nimmt in seinen „Beiträgen zur Kenntniß der Function der Atrioventricularklappen des Herzens“, 1851 und 1852 (Caspar's Wochenschrift), eine Fortsetzung der Vorhofsmuskelfasern in die Klappen an. Savory (1852) suchte die widersprechenden Ansichten dadurch zu erklären, daß die innersten Fasern der Vorhofsmuskulatur bald mehr oder weniger weit jenseits des Anheftungsrandes der Klappe am Ostium, in der Klappe selbst ihren Ursprung nehmen, bald auch nur vom Anheftungsrande, die Klappe selbst somit an solchen Stellen keine Muskelfasern enthalte. Donder's (Physiol. des Menschen 1856) sprach sich gegen Kürschner aus.

Rokitansky fand Muskelfasern in Klappen hypertrophischer Herzen und auch Müller, Rigot und Bonilland bestätigten Kürschner's Entdeckung.

Erst Ludwig Joseph (Virchow's Archiv für pathol. Anat. und Physiol. XIV. B. 1858), der in seiner Arbeit: „Über die Ringe und Klappen des menschlichen Herzens“ selbständig zur Kenntniß einer Klappenmuskulatur gekommen ist, gibt eine etwas genauere Beschreibung derselben. Aber auch die von Joseph auf mikroskopische Untersuchung gegründete und ganz bestimmt ausgesprochene Ansicht, daß sowohl die *Valvula bicuspidalis* als *tricuspidalis* des Menschen eine „Klappenmuskulatur“ besitze, die sich als Fortsetzung der Vorhofsmuskulatur erweise, und in Längs- und Querbündeln zungenförmig zulaufend, in der Regel bis zu ein Drittel der Klappenlänge reiche, wurde von Luschka (Anatomie des Menschen, 1863) für irrig erklärt, und das Vorkommen von Muskelfasern in den Klappen als zufälliges mit der Function der Klappen in keinem Zusammenhange stehend bezeichnet.

Kölliker (Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 1867) sagt: „Vom äußersten Saume der mittleren Lage der Atrioventricularklappen entspringen hie und da einzelne Muskelfasern des Vorhofes, dagegen sind die Klappen sonst frei von Muskeln“; dabei führt indessen Kölliker Joseph's Angaben an.

Henle (Handbuch der system. Anat. des Mensch. III. B. 1868) erwähnt kurz die von Kürschner entdeckte Thatsache, und stellt die direct aus der Herzwand in die Klappe übertretenden glatten Muskelbündel mit seiner dritten Chordeneihe zusammen, wobei er unbestimmt läßt, ob die Muskelfasern aus der Ventrikelwand oder der des Atrium kommen, obgleich er in einer Anmerkung die oben von Savory angegebene Erklärung der widersprechenden Beobachtungsergebnisse anführt.

Der Widersprüche dieser Angaben wegen habe ich auf Prof. Brücke's Anregung eine Untersuchung der Atrioventricularklappen des Menschen vorgenommen und deren Resultat hier niedergelegt.

Das Materiale boten die Atrioventricularklappen von zwanzig Herzen, wovon sechzehn aus Leichen Erwachsener, vier von neugeborenen Kindern waren.

Nachdem die Herzen nach Kürschner's Angabe 48 Stunden unter Wasser der Wintertemperatur ausgesetzt waren, wurden die Klappen herausgeschnitten, hierauf 24 Stunden in Weingeist gelegt und dann ausgespannt getrocknet. Die feinen Schnitte, welche in sämtlichen Lappen beider Ventrikel continuirlich auf einander

geführt wurden, legte ich so an, daß sie in zwei aufeinander senkrechten Richtungen verliefen, beide senkrecht auf die Klappe, die eine radiär gegen die imaginäre Ventrikelaxe, die andere tangential.

Dabei wurden viele Schnitte absichtlich über die Abgangsstelle der Klappe am Ostium hinausgeführt, um sowohl die Fortsetzung der Vorhofsmuskulatur in die Klappe selbst deutlich übersehen, als auch den Übergang des die *Annuli fibrocartilaginei* constituirenden Gewebes in die Klappe, deren überwiegenden Bestandtheil dasselbe ausmacht, besser verfolgen zu können. Die Schnitte wurden mit karminsaurem Ammoniak tingirt. Die Muskelfasern selbst wurden als solche an den deutlichen Querstreifen erkannt. Man sieht nun an so präparirten Längsschnitten der Klappe unter dem Endocardium, welches sich vom Atrium auf die Klappe fortsetzt, unmittelbar auf dem vom Faserring in die Klappe eintretenden Gewebe aufliegend, Muskelfasern, die sich als Fortsetzungen der innersten Muskelschichte des Atrium unter seinem Endocardium in die Klappe selbst erweisen, und bis auf verschiedene Tiefe in die Klappe eindringen.

Diese Muskelfasern gehen constant in auf einander senkrechten Bündeln von der Vorhofsmuskulatur ab, so zwar, daß die Muskelfasern, welche unmittelbar unter dem dem Vorhofe zugewandten Endocardium liegen, in einem in der Längsachse der Klappe auf die Oberfläche senkrecht gerichteten Querschnitte als Längsfasern sichtbar sind, somit als Längsfasern radiär gegen die imaginäre Ventrikelaxe vom Anheftungsrande der Klappe in derselben laufen.

Unter dieser Längsmuskelfaserschichte liegt senkrecht darauf eine Schichte von Muskelfasern, die im Breitendurchmesser der Klappe verlaufen, da sie an solchen Längsschnitten im Querschnitt erscheinen.

An Schnitten, welche von der Abgangsstelle der Klappe am Ostium angefangen im Breitendurchmesser derselben geführt wurden, sieht man umgekehrt unter dem Endocardium die Querschnitte der in den Längsschnitten als Längsfasern erschienenen Muskelfasern, und unmittelbar darauf, oder durch eine dünne Schichte von Bindegewebe getrennt, Längsmuskelbündel, die an Längsschnitten im Querschnitt gesehen wurden, somit im Breitendurchmesser der Klappe verlaufen. Die Lage dieser Muskelbündel zu einander und den übrigen Geweben der Klappe, sowie ihre Verlaufsrichtungen in der Klappe sind an diesen Schnitten topographisch deutlich ersichtlich.

Was die Mächtigkeit dieser Muskelbündel anlangt, so ist sie eine verschiedene: einmal nach den verschiedenen Herzen, aus denen die Klappen genommen wurden, dann nach den Klappen des rechten und linken Ventrikels, verschieden auch nach den Lappen der *Valv. bicusp.* und *tricuspidalis*.

Im Allgemeinen kann man sagen, daß die Muskelbündel in den Klappen Erwachsener, entsprechend deren Entwicklung, stärker seien, als in denen neugeborner Kinder.

Vergleichende Messungen an Schnitten aus denselben Lappen von Kindern und Erwachsenen ergaben Verhältnisse von 1:2, 1:3, 1:4, bald auch nur 2:3, 3:5. Vergleichen der Stärke der Muskelbündel aus Klappen Erwachsener unter einander geben verschiedene Resultate. Bald ist ihre Mächtigkeit nur wenig von einander abweichend, bald jedoch in dem Grade, daß den obigen ähnliche Verhältnisse gefunden wurden. Absolut am mächtigsten sind die Muskelbündel im vorderen oder sogenannten Aortenlappen der *Valvula bicuspidalis*, wo der Dickendurchmesser der Längs- und Querbündel zusammen an der Abgangsstelle der Klappe gewöhnlich 0·150 Millim., 0·190 Millim., 0·209 Millim. bis 0·259 Millim. betrug.

Diesen zunächst an Mächtigkeit stehen die Muskelbündel des vorderen Lappens der *Valvula tricuspidalis*, dann des Scheidewandlappens derselben, dann die des hinteren Lappens der *Valvula mitralis* und zuletzt die des hinteren Lappens der *Valvula bicuspidalis*. Diese Angaben sind jedoch nur richtig, wenn man die Muskelbündel der Lappen eines und desselben Herzens mit einander vergleicht. Abweichungen in den Klappen verschiedener Herzen kommen häufig genug vor.

Auch die Dickendurchmesser der Längs- und Querbündel halten nicht immer dieselben Verhältnisse ein.

Im Allgemeinen sind die Längsmuskelfaserbündel stärker als die Quersfaserbündel. So ergaben Messungen an fünfzig verschiedenen Längsschnitten für die Längsbündel ein arithmetisches Mittel von 0·065 Millim. Dicke, während an denselben Schnitten für die Querbündel im Mittel nur 0·034 Millim. Dicke gefunden wurde.

An einzelnen Schnitten jedoch betrug manchmal die Dicke der Querbündel 0·09 Millim., 0·081 Millim., 0·073 Millim., während die entsprechenden Längsbündel nur 0·087 Millim., 0·079 Millim., 0·070 Millim. Durchmesser hatten. Diesen Messungen zufolge kann man demnach sagen, daß die Längsbündel stärker seien als die Quer-

bündel. Eine weitere Frage war, wie weit reichen diese Muskelfasern in die Klappe?

Zur Beantwortung wählte ich solche Längsschnitte, an welchen man die Muskelfasern enden sah, somit deren Länge vom Anheftungsrande der Klappe direct messen konnte. Dabei ergaben sich sehr verschiedene Resultate, je nachdem die Schnitte im größten Längendurchmesser des Lappens oder mehr gegen den den Haupteinschnitten entsprechenden, die größeren Lappen untereinander verbindenden Klappensaum, oder endlich in diesem sehr schmalen Klappensaum selbst geführt waren.

Am weitesten reichen die Muskelfasern in die Klappe dort, wo sie am längsten ist; gegen den schmalen Klappensaum dringen sie weniger tief ein, und im Übergangssaume der Lappen überschreiten sie nur wenig den Anheftungsrand.

An Aortenlappen, deren Länge im getrockneten Zustande 15 Millim., 14 Millim., 13 Millim. betrug, fand ich die Muskelfasern 5·67 Millim., 5·08 Millim., 4·9 Millim. tief in die Klappe eindringen. An den Übergangssäumen, deren Länge 2, 3 bis 4 Millim. betrug, reichten sie von 0·98 bis 1·7 Millim. tief hinein. An den übrigen Lappen wurden ähnliche Zahlen gefunden, nur um wenige Bruchtheile kleiner, als die angegebenen.

Im Allgemeinen kann man somit sagen, daß Joseph's Angabe, die Muskelfasern reichten bis zum dritten Theil der Klappenlänge, richtig sei. Es gilt dieß sowohl für die Lappen, als auch für die saumförmigen Partien, welche den Ausschnitten entsprechen. Bisweilen wird dieses Drittheil von den Muskelfasern nicht unbeträchtlich überschritten. Zu erwähnen ist noch, daß die Querbündel stets früher endigen, als die Längsbündel. In der Regel reichen die Querbündel um 0·5 bis 1·8 Millim. weniger weit in die Klappe, als die Längsbündel

Faßt man diese Angaben kurz zusammen, so ergibt sich daraus Folgendes:

In den Atrioventricularklappen des Menschen kommen Längs- und Querbündel quergestreifter Muskelfasern vor, die unter dem vom Atrium kommenden Endocardium liegen, in der Regel allmählig an Mächtigkeit abnehmend den dritten Theil der Klappenlänge erreichen, häufig überschreiten, und dort im Bindegewebe endigen, wo an der äußeren oder der der Ventrikelwand zugewendeten Klappen-

fläche sich die Chorden zweiter Ordnung inseriren. Die Enden der einzelnen Muskelfibrillen stehen nicht unmittelbar mit den Insertionen der zweiten Chordenreihe in Verbindung, sondern sind durch das vom Faserring in die Klappen eintretende Gewebe von ihnen getrennt. Die Muskelbündel, in sämmtlichen Lappen der Atrioventricularklappen für sich betrachtet, ahmen somit die Form der Lappen nach, erreichen aber nur den dritten Theil der Lappenlänge, oder etwas darüber und endigen mit einem mehr minder gezackten im Ganzen krummlinigen Begrenzungsrande. Letzteres mußte aus Messungen der Muskelbündel in continuirlich aufeinander folgenden Längsschnitten gefolgert werden.

Bei diesen Untersuchungen zog ich auch das vom Faserring in die Klappe eintretende Gewebe in Betracht, da in der Literatur verschiedene Ansichten über dessen Structur verzeichnet sind.

Dieses Gewebe besteht aus Bindegewebsbündeln, welche bald aus breiteren bandartigen, meist gerade in der Klappenlänge verlaufenden Fasern, bald aus dünnen und dann wellenförmig angeordneten Bindegewebsfibrillen eine bei schwacher Vergrößerung anscheinend formlose Substanz zusammensetzen, in der zahlreiche Bindegewebskörperchen zu sehen sind. Ein elastisches Fasernetz, welches am Anheftungsrande der Klappe an den Faserring und gegen das Endocardium besonders mächtig ist, durch Zusatz von Essigsäure noch deutlicher wird, ist in diesem Bindegewebe eingestreut. Deutlich sieht man den Zusammenhang dieses elastischen Fasernetzes mit der elastischen Schichte des Klappen-Endocardiums. Nirgends jedoch kann man Knorpelzellen finden, weder an frischen noch an getrockneten, noch an mit Reagentien behandelten Präparaten, selbst bei Anwendung sehr starker Vergrößerung. Deßhalb sind auch die Bezeichnungen: „elastisch, faserknorpelig“ (Joseph) oder „bindegewebsfaserknorpelig“ (Luschka) für dieses Gewebe seinem histologischen Baue nach nicht entsprechend. Bei starken Vergrößerungen treten die oben angegebenen Elemente deutlich hervor. Noch weniger Zweifel kann über die Natur dieses Gewebes walten, wenn man die Klappen neugeborner Kinder untersucht, wo dieses Gewebe noch mehr den embryonalen Charakter an sich trägt.

Zudem haben bereits mehrere Autoren (Kölliker, Henle, Hyrtl) sich für die bindegewebige Natur dieses vom Faserring stammenden Gewebes ausgesprochen.

Es besteht somit eine Atrioventricularklappe, von der inneren oder der dem Atrium zugekehrten Fläche angefangen, aus folgenden deutlich unterscheidbaren Stratis:

1. Aus dem relativ stärkeren Endocardium vom Atrium mit seinem Epithel, einer elastischen und Bindegewebsschichte.
2. Aus der Klappenmuskulatur bis zu $\frac{1}{3}$ der Klappenlänge oder darüber reichend, wo dann das Endocardium mit dem
3. vom Faserring kommenden fibrösen Bindegewebe, dem mächtigsten Bestandtheil der Klappe, bis zu ihrem freien Rande verschmilzt.
4. Aus dem Ventrikel-Endocardium, welches dünner und an den Stellen durchbrochen ist, wo sich die Chorden zweiter Ordnung an der Ventrikelfläche der Klappe inseriren, um das fibröse Bindegewebe zu verstärken.

Ludwig Joseph (Physiologie der Herzklappen, Virchow's Archiv für pathol. Anat. XVIII. 1860) versuchte direct die Wirkung dieser Muskelfasern in den Klappen zu bestimmen, indem er mit dem Inductionsstrom an frischen Herzen von Kaninchen dieselben zur Contraction erregte. Dadurch sollen die Hauptklappen wellenförmig in Falten gelegt und gegen das *Ostium venosum* zusammengeschoben werden. Indessen ist dieser Versuch nicht vorwurfsfrei, da die Contraction in einem seitlich geöffneten Herzen von der im Leben bedeutend abweicht. Auch konnte auf diese Weise keine isolirte Contraction der Längs- und Querfasern erzielt werden. Überdies bietet die Kleinheit der Klappenmuskulatur der Sicherheit der Beobachtung viele Schwierigkeiten dar. Zwar versuchte ich die Wirkung der Muskelfasern an Herzen von Kätzchen, die ausgeschnitten und eröffnet unter verdünnter Kochsalzlösung fortpulsirten, direct zu beobachten, aber ohne Erfolg.

Ich gewann keine Sicherheit darüber, welche Impulse aus dem Innern der Klappe herstammten, welche von außen kamen. Ich war also auf die Vorstellungen angewiesen, welche sich aus dem anatomischen Befunde ableiten lassen. Zunächst wird es aus dem bekannten Verlaufe der Herzcontraction und dem Orte, an dem die Muskelfasern vorkommen, wahrscheinlich, daß ihre Zusammenziehung mit dem Ende der Vorhofsysteme, vielleicht theilweise noch mit dem Anfange der Kammercontraction zusammenfällt. Die Ringfasern werden das *Ostium atrioventriculare* zu verengern suchen, oder wenn dieses fixirt ist, die

Klappe einer Ebene annähern, welche man sich durch ihre ringförmige Anheftung gelegt denkt. Die Längsfasern werden für sich allein die Lappen der Klappe verkürzen, wenn sie aber mit den Ringfasern zusammenwirken, so werden sie helfen denjenigen Theil der Klappe, in welchem sich die letzteren befinden, einer Ebene anzunähern, welche man sich durch die ringförmige Anheftung gelegt denkt. Welche Bedeutung kann nun eine solche Action, die ohnehin mit sehr geringer Arbeitskraft ausgeführt wird, für die Mechanik des Herzens haben?

Für die Herzarbeit im Großen und Ganzen kann sie bei ihrer Schwäche nicht in Betracht kommen, auf das Spiel des Ventils aber wird sie einen Einfluß ausüben. Ich denke mir darüber Folgendes:

Wenn die Klappe rein passiv, wie ein aus Blase oder Goldschlägerhaut gemachtes Ventil bewegt wird, so muß jedesmal mindestens die Menge Blut in den Vorhof zurücktreten, welche sich auf der Vorhofseite der Klappe noch in dem Momente befindet, in welchem der Druck in der Kammer größer wird, als der Druck im Vorhofe ist. Diese Menge würde bedeutender sein, wenn sich nicht in Folge der sackförmigen Gestalt der Kammer, in Folge der Rauigkeit ihrer Wände Wirbel, rückläufige Ströme hinter den Klappen bildeten, welche schon während des Einströmens des Blutes aus dem Vorhofe die Klappensegel mehr oder weniger der Mitte zutreiben. Wenn sie aber auch hierdurch beschränkt ist, so wird es doch immerhin für den Nutzeffect förderlich sein, wenn sie durch ein anderes Mittel noch mehr verringert werden kann. Dieß würde der Fall sein, wenn gegen Ende der Vorhofsystole durch eine andere Kraft als die, welche durch das Blut übertragen wird, die Klappe unter möglichst geringem Widerstande in dem Blute gehoben, einer Ebene genähert würde, welche man sich durch die ringförmige Anheftung der Klappe gelegt denkt. Hierzu würde die eigene Muskulatur der Klappe dienen können. Denke ich mir, daß sich erst die Längsfasern, dann die Ringfasern zusammenziehen, so wird die Klappe über eine Partie Blut hinweggehoben, dieselbe gelangt von ihrer Vorhofseite auf ihre Kammerseite und die Menge des beim nun eintretenden Klappenschlusse im Vorhofe verbleibenden Blutes ist dadurch vermindert.
